

Introducción

El constante incremento de los niveles de seguridad requeridos en las distintas obras civiles y las implicaciones financieras que conlleva, ha creado la necesidad de observar el desempeño de las estructuras frente a las acciones o cargas cotidianas y frente a eventos extraordinarios tales como sismos, huracanes, inundaciones, etc. La implementación de sistemas de monitoreo se ha convertido en una alternativa práctica en la evaluación continua del rendimiento de las obras de infraestructura, además de complementar eficientemente la inspección visual de las mismas.

En los últimos años la aplicación de estos sistemas ha despertado gran interés entre académicos e investigadores, debido al gran potencial que muestra en la temprana detección de daños y en los beneficios que se obtienen; esencialmente en materia de seguridad y economía.

No obstante, convertir grandes volúmenes de información resultado del monitoreo en información útil, representa un gran reto que necesita la aplicación de técnicas especiales de procesamiento de datos. En este campo se ha concentrado las investigaciones en diversas partes del mundo en las últimas décadas. La mayoría de las técnicas y métodos de análisis se han desarrollado bajo el marco de *series de tiempo* y con un enfoque *estadístico* de procesamiento de datos.

En esta tesis se presenta el uso de modelos autorregresivos y de media móvil en el monitoreo estructural. A partir de estos modelos se desarrollan dos herramientas de identificación de cambios en el comportamiento estructural. Los conceptos expuestos se aplican al caso particular de un puente en curva: el Puente San Cristóbal.

De esta manera, el objetivo del presente trabajo es proponer una técnica y metodología de análisis de la información (basado en el uso de modelos matemáticos). Con ello se pretende en primera instancia, describir el estado actual de una estructura y así establecer un punto inicial de comparación con futuros estados de la misma. En segunda instancia, se pretende establecer las bases para pronosticar posibles comportamientos futuros para poder implementar un adecuado plan de acciones preventivas y/o correctivas.

A través de siete capítulos se intenta explicar de forma clara y sencilla los conceptos necesarios para el análisis de la evolución del estado de las obras de infraestructura. Se busca que en el transcurso de la

lectura se adquieran las habilidades necesarias para adentrarse en los entresijos de las series de tiempo y formar una visión clara en su aplicación en el monitoreo estructural.

Para ello, en el primer capítulo se exponen las actividades referentes al monitoreo estructural, sin profundizar demasiado en ellas, destacando el manejo de la información que da pie al desarrollo de la parte fundamental de la tesis.

El segundo capítulo se enfoca al tratamiento de la información producto del monitoreo estructural bajo el concepto de series de tiempo. Se presentan las nociones básicas que el analista debe tener presentes para un correcto análisis de la información, así como las herramientas fundamentales para lograr un entendimiento adecuado de la evolución

En el capítulo tres se presentan las componentes de una serie de tiempo vistas bajo la modelación clásica. En este capítulo se busca entender el desarrollo de la serie a través del tiempo y detectar patrones repetitivos presentes en ella, que son de vital importancia para la aplicación de los modelos autorregresivos y de media móvil, además de ayudar al analista en la correcta interpretación de resultados.

El capítulo cuatro por su parte entra de lleno a los modelos ARIMA y a la aplicación de la metodología Box-Jenkins para ajustar un modelo matemático a una serie de tiempo. Se exponen de forma práctica los pasos a seguir en el modelado de series de datos con las consideraciones más importantes que se deben tomar en cuenta.

En el capítulo cinco se ajustan tres modelos ARIMA que muestran suficiencia a los *incrementos de esfuerzos* provenientes del monitoreo permanente implementado en el Puente San Cristóbal del 1 de abril del 2007 al 18 de diciembre de 2008. Al final del capítulo se pone a prueba la capacidad del modelo matemático ajustado con los datos capturados del 19 de abril del 2007 al 28 de marzo de 2009.

En el capítulo seis se utiliza uno de los tres modelos ajustados en el capítulo cinco para desarrollar dos herramientas que sirven para el control y detección de cambios significativos en el comportamiento estructural: el cuadro de control y el algoritmo clasificador.

Finalmente en el capítulo siete se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo de este trabajo escrito referentes a la aplicación de series de tiempo en el monitoreo estructural.